

平成22年度 日本船舶海洋工学会 春季講演会
2010年6月8日

コンテナラッシングの技術課題

安藤 英幸、城戸 恒介
株式会社 MTI 技術戦略グループ



背景





コンテナ船の大型化

- 1960年代にコンテナ専用船が登場して以来、各種設計・製造技術の発展とともにコンテナ船は大型化を続けてきた [1]
- 1980年後半のPost Panamax 船型の登場後はその傾向が特に顕著で、現在では10,000TEUを超える超巨大コンテナ船も就航している。
- 今後も物流効率・燃費効率の良い超大型コンテナ船建造の傾向は一定量続くと考えられる。



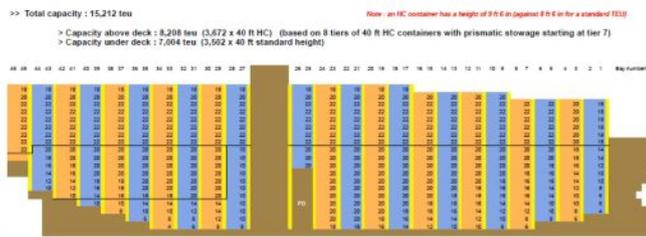
船体の大型化とラッシング

- Post Panamax 以降、オンデッキのコンテナ積み段数は増え、10,000TEU を超える船ではオンデッキ段数は最大で8 段を超える。オンデッキのコンテナには荷崩れしないようラッシング(貨物の固縛)が施される
- 船体の大型化の一方、ラッシング技術は基本的に大きな変化ない。1980 年代に積荷時に自動ロックされるセミオートマチック・ツイストロックが導入されたことなど、技術イノベーションは限られる



荷役時間の増加とラッシング作業効率改善

- 船体の大型化に比例して港での荷役時間は延び、特にラッシング解除作業の発生するオンデッキ・コンテナの荷役作業時間の延びは大きくなる。
- シンガポールや上海のように超大型コンテナが寄航するターミナルでは、寄港時間の短縮のため、ガントリークレーン荷役効率とともに、ラッシング作業効率の改善が必要となっている。



5

コンテナの流出事故

- 一方で、冬場の荒天時を中心に、現在でもオンデッキ・コンテナの流出事故は平均すると毎年10件以上あると言われる
- 荒天時の外力が想定以上であることや、コンテナ積み付けやラッシングに何らかの不備があった結果として、ラッシングの破断・コンテナ流出につながる。



6

現状のラッシング技術

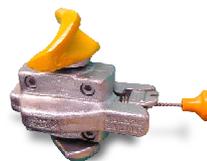


ラッシング資材

- コンテナ船で使用されるラッシングは、ルーズ・ギアとフィックス・ギアに大別される
- フィックス・ギアは船体に溶接付けされたラッシング・アイやデッキ・ソケットと呼ばれる資材で、ルーズ・ギアはツイストロックやラッシング・ロッドなど取り外し可能な資材である



デッキソケット



ツイストロック (セミオート)

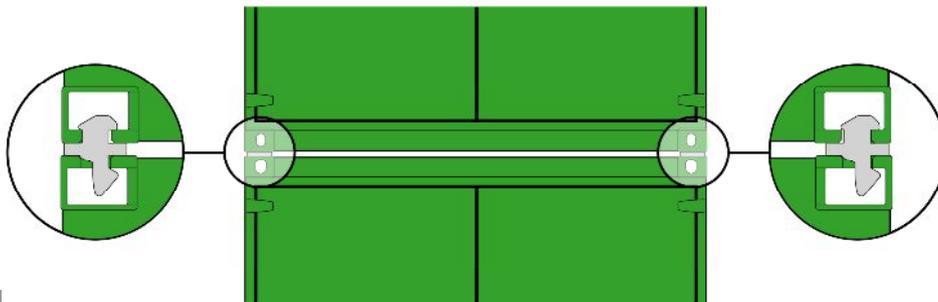
ラッシング技術の進歩

- ツイストロックがマニュアルからセミオートマティック(SAT)と進み、最近では揚荷時にロック解除を必要としないフルオートマティック(FAT)が登場
- 積み段数を増すためより高い位置でラッシングを取るためのラッシング・ブリッジと呼ばれるアップパーデッキ上船体構造物の採用
- 船毎にCargo Securing Manual(CSM)の装備がIMO のSOLAS 条約で義務化され、船級承認を得るようになった
 - 近年ではさらにCSM の内容に即した計算をコンピューター上で行う機能が普及



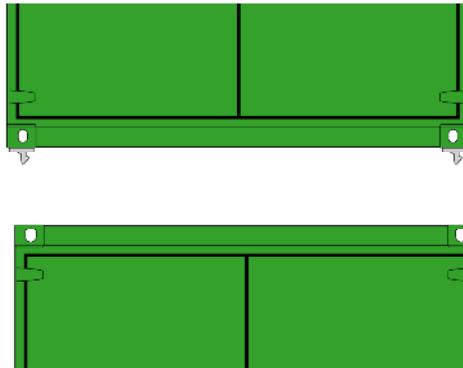
フルオートツイストロックの仕組み

積荷時



フルオートツイストロックの仕組み

荷揚時



荒天遭遇時の外力に関する検討課題



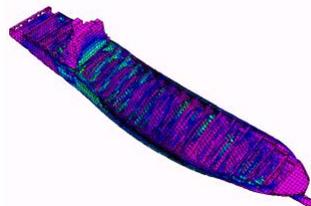
ラッシングに想定される外力

- 船体運動を剛体運動とみなし、船級規則ないしガイドラインで規定する外力基準値と各コンテナ重量に基づき、各ラッシングにかかる強度を計算
- 各ラッシングのS.W.L (Safety Working Load) を超えないように積み付けを行なう。S.W.Lには破断強度に対して50%、といった安全率を持って決められる
- 以上の基準は、各船毎のラッシングパターンもあわせて、CSM (Cargo Securing Manual) に記載される



船体の弾性体挙動による最大外力への影響

- 船体の大型化に伴い、従来の船級規則では船体運動を剛体とみなして計算していた加速度について、“ウィッピング”や“捻り”といった弾性体挙動がどの程度加速度に影響するかについては、国内外の船級協会や造船所、学会で理論計算や水槽試験、実船計測が進んでおり、今後注目される課題である。

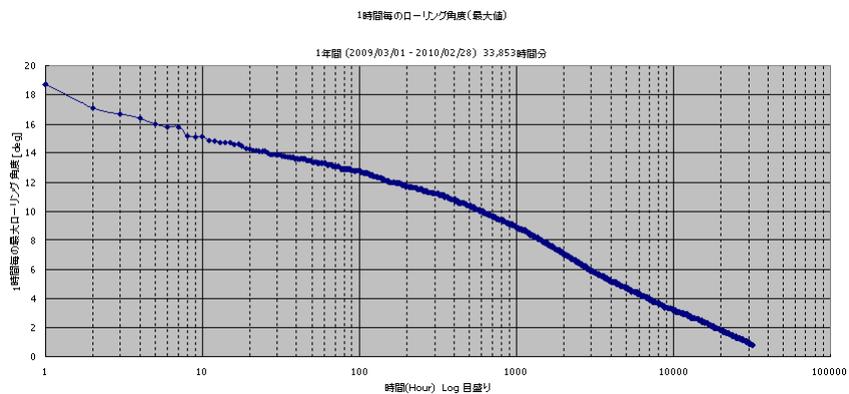


実運航における船体動揺

- コンテナ船を運航する船会社においても、ウェザールーティングの進歩もあり、以前よりは強い荒天遭遇の確率は減ってきていると考えられる
- CSM の基づく外力に実運航でどの程度接近しているか、計測データの蓄積や乗組員への提示の仕組みといったことも含め、確実に基準の外力値の範囲で運航するということを徹底する運航の仕組みは今後改善の余地がある



実運航での荒天遭遇 - 例) 1時間の最大ローリング角度と発生頻度





コンテナ・スタックに掛かる荷重のモデル化

- コンテナ倒壊事故の多くにおいて、隣接するコンテナ・スタックがもたれかかり、ドミノ倒しのような格好で倒壊する事例が多く見られる。
- 隣接するコンテナ・スタックから受ける荷重、あるいは周期や位相のずれから生ずる衝撃等により、非線形の挙動が生じることが想定される
- それがラッシング荷重にどの程度の影響を及ぼすのか、あるいはルーズ・ギアの接合点にある「がた」の非線形影響はどの程度か、こうした詳細を表現できる有限要素モデルについて、現在、東京大学で研究が行われている
- 様々なシナリオの元、荷重チェーンのどこがどの程度クリティカルになるか、総合的なリスク評価を行う上でのプラットフォームとして期待される。



ラッシング資材機能の検討課題



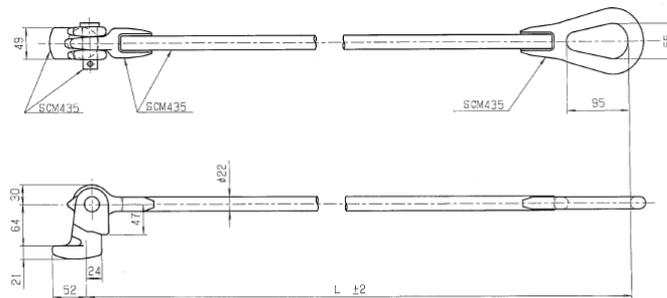
ラッシング資材の軽量化

- ラッシング資材機能の課題として、荷役時間の短縮の観点からは軽量化が求められる。
- 例えば、3段目の下のコーナーをラッシングするのに用いるロング・ラッシング・ロッドは4.8m、17kg程の重量がある。重く、また、撓む。
- これを垂直に立ち上げ、5.2m上のコンテナ・コーナーキャストイングにかけ、さらに下部を15kg程度のターンバックルを立ち上げて接合する作業は2人がかりでも大変な重労働である。
- 非鉄材料の利用など軽量化を進めることは作業性と安全性の向上にとって課題である。



現行のロング・ラッシングロッド

L	WEIGHT (kg)
4500	16.7
4600	17.0
4750	17.4
4800	17.5



- 材料: SCM 435
- 軸径: $\phi 22$
- 重量: 17.5 kg (L=4,800mm)
 - 長さ: 4,500 mm ~ 4,800 mm
 - 重量: 16.7 kg ~ 17.5 kg

船級規則 (LR)

Tensile load(引っ張り荷重)	
S.W.L	18 ton
Proof load	27 ton
Breaking load	36 ton



フルオートマティックロックに関する課題

- 最近のフルオートマティック・ツイストロック(FAT)は揚荷時にロック解除が不要のため、荷役作業の安全と効率上のメリットは大きい。
- FAT は荒天遭遇時の鉛直方向加速度が1G を超え、持ち上がるような加速度のかかる場合にロック解除し外れる懸念がある。
- 実際に2006 年2 月にはビスケ湾付近であるメーカーのFAL を採用した船で3 件の事故があった。
- 著者らも2005年の12 月に市場に存在した5 社のFAL の評価を総合的に行ったが、荒天時の外れやすさには、相対的に大きな差が存在する。
- FAT の船級規則への反映や、荷役効率改善と荒天時の安全の両立は追及すべき課題ある。



経年劣化の影響

- コンテナのポストやコーナーキャスティングといったコンテナの箱自体(ISO 規則)、またデッキ・ソケットなどラッシング(船級規則)について、設計時には規則要求を満たすものであっても、経年劣化・減肉により強度が要求を不足するケースもある。
- コンテナについては、CSC(Container Safety Convention: コンテナ安全条約)による承認スキームによる機能確認やISO で経年劣化時の強度基準に関する議論が行われているが、ラッシングについては今のところ経年劣化に関する議論は少なく、各船社の判断に頼っており今後の課題と言える。



ソフトウェアの検討課題



ソフトウェアに関する検討課題

- ラッシングがCSM に準じているか、現在は積みつけ計画をBAPLIE 等の標準形式で積みつけ計算機から出力し、専用のラッシング計算機で確認することができるようになっている。
- 本船・乗組員及び陸のプランナーがこうした、ラッシング強度のチェックを行うこと、ラッシング計画どおりに、ラッシングのし忘れのチェックや・緩みがあった場合のまし締めなど実施されることを徹底すること
- コンテナの重量については、申告ベースでなく実際の重量計測値を使うことも計算精度の向上には望ましい。
- 荒天遭遇時の外力について、パラメトリック・ロールの回避など加速度緩和する航海計画や操船方法の指導、ソフトウェアによる支援なども改善の余地ある。



まとめ



まとめ

- 以上、ラッシングの技術課題として、
 - 1) 荒天遭遇時の外力
 - 2) ラッシング資材
 - 3) ソフトウェア

の3つの観点で一見解を述べた。

- 今後、これらを総合したリスク・アセスメントなど信頼性工学的な検討も必要だろう。

ご清聴ありがとうございました。

